

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

“EVENTOS DE MAREA ROJA OCURRIDO EN EL OCÉANO PACÍFICO DE GUATEMALA”

TESIS

PRESENTADA AL COMITÉ DE LA MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIO
AMBIENTE

POR

LIC. EN ACUICULTURA ALDO VINICIO LEIVA CEREZO

ASESORADA POR

M.Sc. LEONEL CARRILLO OVALLE

AL CONFERIRLE EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

Decano: Ing. Murphy Olympos Paíz Recinos
Secretaria: Inga. María Ivónne Véliz Vargas
Vocal I: Inga. Glenda Patricia García Soria
Vocal II: Inga. Alba Maritza Guerrero
Vocal III: Ing. Miguel Ángel Calderón
Vocal IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz

JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL EXAMEN ORIVADO DE TESIS

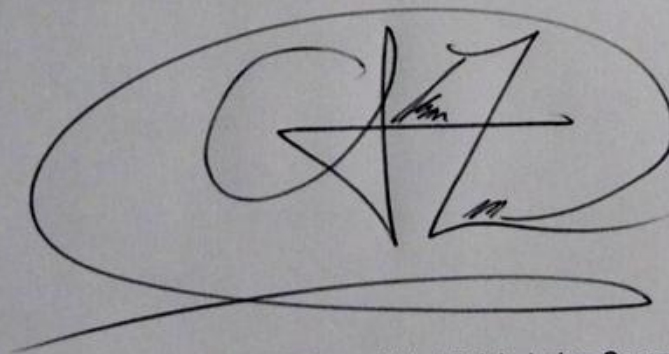
Decano: Ing. Murphy Olympos Paíz Recinos
Secretaria: Inga. María Ivónne Véliz Vargas
Examinador: Ing. Carlos Humberto Pérez Vargas
Examinador: Ing. César Augusto Akú Castillo
Examinador: Ing. Mario Francisco Rousselin Sandoval

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala,
presento a su consideración el trabajo de tesis titulado:

"EVENTOS DE MAREA ROJA OCURRIDOS EN EL OCÉANO PACÍFICO DE DE GUATEMALA"

Tema que me fue asignado por la dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado en junio de
2007.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, loopy oval. The signature itself is stylized, appearing to start with a large 'A' or 'L' followed by several loops and a final horizontal stroke. There are small, illegible marks within the loops of the signature.

Lic. en Acuicultura Aldo Vinicio Leiva Cerezo.



Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

Guatemala, 08 de octubre de 2008

M.Sc. Ingeniero
Carlos Pérez
Director
Escuela de Post-Grado
Facultad de Ingeniería
Presente.

Ingeniero Pérez.

Respetuosamente me dirijo a usted, para informarle por medio de la presente que he revisado y aprobado el Informe Final de la Tesis "**Eventos de marea roja ocurridos en el Océano Pacífico de Guatemala**", de el Licenciado en Acuicultura **Aldo Vinicio Leiva Cerezo**.

El informe final de tesis cumple con los requisitos exigidos por el Reglamento de las Escuelas de Post-Grado y de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sin otro particular, me suscribo de Usted,

Atentamente,

Lic. Leonel Carrillo Ovalle, M.Sc. M.Sc.
Asesor de Tesis
Profesor Titular X e Investigador

Universidad de San Carlos
Guatemala



Escuela de Ingeniería
Escuela de Estudios
Postgrado

Como Coordinador de la Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente, y revisor del trabajo de tesis titulado **EVENTOS DE MAREA ROJA OCURRIDOS EN EL OCÉANO PACÍFICO DE GUATEMALA** presentado por el Licenciado en Acuicultura **Aldo Vinicio Leiva Cerezo**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. César Augusto Akú
Escuela de Estudios de Postgrado

César Akú Castillo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO 4,073

Guatemala, Octubre de 2008.

/zc.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



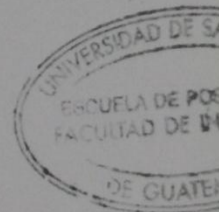
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del trabajo de tesis titulado **EVENTOS DE MAREA ROJA OCURRIDOS EN EL OCEANO PACÍFICO DE GUATEMALA** presentado por el Licenciado en Acuicultura **Alvinicio Leiva Cerezo**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.

Msc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Octubre de 2008.

/zc.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



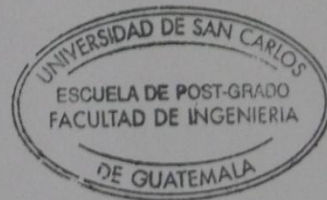
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

Como Revisor de la Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente del trabajo de tesis titulado **EVENTOS DE MAREA ROJA OCURRIDOS EN EL OCEANO PACÍFICO DE GUATEMALA** presentado por el Licenciado en Acuicultura **Aldo Vinicio Leiva Cerezo**, apruebo el presente trabajo de tesis y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.

Msc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Octubre de 2008.

/zc.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



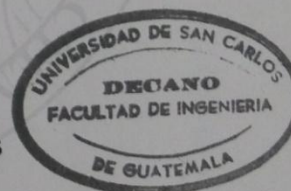
Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. D. Postgrado 032.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al trabajo de tesis de la Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente titulado: **EVENTOS DE MAREA ROJA OCURRIDOS EN EL OCÉANO PACÍFICO DE GUATEMALA**, presentado por el Licenciado en Acuicultura **Aldo Vinicio Leiva Cerezo** la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, Octubre de 2008

/zpcm

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: por darme la oportunidad para concluir una meta más en mi vida.

A MIS PADRES: por el apoyo moral y económico que me brindaron a lo largo de mis estudios.

A MIS MAESTROS: por todos los conocimientos que me transmitieron.

A MIS COMPAÑEROS: por el apoyo, los consejos y el ánimo para seguir adelante.

A MI ASECESOR: por ayudarme a realizar este trabajo de alto valor científico.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA: por brindarme la oportunidad de participar en esta maestría.

A la Escuela de Estudios de Postgrados de la Facultad de Ingeniería.

ÍNDICE	
CONTENIDO	No. Página
OBJETIVOS	III
HIPÓTESIS	IV
INTRODUCCIÓN	V
JUSTIFICACIÓN	VI
MARCO TEÓRICO Y CENCEPTUAL	1
Intoxicación paralizante por moluscos (PSP)	2
Intoxicación diarreica por moluscos (DSP)	3
Intoxicación neurotóxica por moluscos (NSP)	3
Intoxicación amnésica por moluscos (ASP)	3
MÉTODOS Y TÉCNICAS	5
Tipo de estudio	5
Procesamiento de la información	5
Ubicación del área de estudio	5
Metodología pre-muestreo	8
Metodología de muestreo	8
Conteo celular con cámara de Sedgewick-Rafter	8
Normas a seguir en los conteos	8
Bioensayo de ratón para la detección de Saxitoxina	10
Recurso humano	13
Material y equipo	13
RESULTADOS	14
DISCISIÓN	29
CONCLUSIONES	32
RECOMENDACIONES	33
BIBLIOGRAFÍA	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales intoxicaciones.	4
Tabla 2: Tabla de Sommer's.	13
Tabla 3: Niveles de Saxitoxina, 2001.	14
Tabla 4: Niveles de Saxitoxina 2005.	19
Tabla 5: Conteo de microalgas en la finca camaronera Tamashan.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudios	6
Figura 2: Puntos de muestreo en el área de estudio.	7
Figura 3 Relación precipitación / Cel/ml (2003)	5
Figura 4. Relación diatomeas clorofitas considerando el factor profundidad	16
Figura 5. Relación diatomeas dinoflagelados considerando el factor profundidad	17
Figura 6. Relación clorofitas dinoflagelados considerando el factor profundidad	17
Figura 7: comportamiento de fitoplancton	17
Figura 8. Niveles de unidades de ratón	20
Figura 9: Concentración de Clorofila, diciembre 2005	20
Figura 10: Concentración de Clorofila, 12/04/07	22
Figura 11: Concentración de clorofila Fecha: 18-06-07	23
Figura 12: <i>Chattonella antiqua</i>	23
Figura 13: Niveles de clorofila Nov.19-07	24
Figura 14: <i>Cochlodinium sp.</i>	24
Figura 15. Características morfológicas	25
Figura 16: <i>Ceratium sp.</i>	26
Figura 17: <i>Ceratium fusus</i>	26
Figura 18: <i>Pyrodinium bahamense var, compressum</i>	27
Figura 19: Reportaje sobre marea roja	27
Figura 20: Aéreas afectadas por la marea roja 2001. (Fuente Siglo XXI).	28
Figura 21: Dársena del Puerto Quetzal, afectada por marea roja 2001..	28
Figura 22: <i>Pyrodinium bahamense</i> .	28

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar los eventos de marea roja ocurridos en el Océano Pacífico de Guatemala, integrando resultados de diferentes instituciones estatales.

Objetivos específicos

1. Recopilar información general de los eventos de marea roja ocurridos en el Océano Pacífico de Guatemala.
2. Determinar por medio de fotografía satelital los eventos de marea roja ocurrido en Guatemala.
3. Estipular cualitativa y cuantitativamente los organismo que han ocasionado floraciones algales toxicas.
4. Establecer la frecuencia de los eventos ocurrido.
5. Establecer la tendencia de la evolución temporal de las mareas rojas a lo largo de los años.

HIPÓTESIS

Los eventos de marea roja pueden ser detectados mediante un efectivo plan de monitoreo continuo en las aguas del Océano Pacífico de Guatemala, de esta manera se podrá evitar intoxicaciones, pérdidas humanas y pérdidas económicas en el sector pesquero y acuícola.

INTRODUCCIÓN

Las mareas rojas son fenómenos naturales de proliferación de fitoplancton (llamados florecimientos o “blooms”) en los cuales aumentan las concentraciones de microalgas. Muchas veces, estos fenómenos vienen acompañados de cambios en la coloración de la superficie del mar, pudiendo adoptar el color rojo o, en otros casos pueden ser incoloras, anaranjadas, pardas o amarillentas (Sar, 2002). El término de “marea roja” es, en parte, erróneo dado que las manchas no siempre son rojas y tampoco se relacionan con las mareas. Usamos mejor la denominación de “florecimientos algales”(Cortes, 1998).

No se sabe qué condiciones ambientales inicia las proliferaciones de dinoflagelados, pero son más comunes en las cálidas aguas de fines de verano. Algunas de las especies de dinoflagelados que forman mareas rojas producen una toxina que ataca el sistema nervioso de los peces, causando gran mortalidad entre éstos. También provoca un trastorno al ser humano que se conoce como intoxicación parálitica por moluscos, este se debe a la ingestión de ostras, ostiones, mejillones o almejas que se han alimentado de algunos dinoflagelados. Esta intoxicación causa insuficiencia respiratoria (Ville, 1996). Los mariscos pueden transmitir estas sustancias a niveles superiores de la cadena trófica, actuando como vectores que dan lugar a los síndromes de intoxicación por mariscos, que afectan a los vertebrados y al hombre (Gonzales, 2002).

Las floraciones algales nocivas pueden producir un impacto negativo sobre los recursos pesqueros, la acuicultura, turismo y la salud pública; estas intoxicaciones solo se podrán evitar o minimizar mediante un efectivo plan de monitoreo y vigilancia permanente, identificando, cuantificando su densidad y la toxicidad del organismo presente, evitando de esta manera posibles pérdidas humanas.

Actualmente en Guatemala no se cuenta con información general y actualizada, sobre los eventos de marea roja ocurridos en el Océano Pacífico de Guatemala, no se conoce la dinámica de eventos a lo largo de todo el año y no se tiene publicado cuales son las especies que surgen con mayor frecuencia a lo largo de los años.

Por lo que el siguiente documento tiene la finalidad de brindar a las personas información general sobre los florecimientos algales ocurridos en los últimos años en la costa del Océano Pacífico de Guatemala y principalmente hacer referencia de los dinoflagelados tóxicos presentes en el área.

JUSTIFICACIÓN

El primer evento reportado de marea roja en Guatemala se suscito en 1985, en las aguas del Océano Pacífico, en esta ocasión el organismo causante no fue identificado.

El segundo evento sucedió en 1987, siendo este el más intenso, provocando 187 intoxicaciones humanas, 24 de ellas letales. El organismo detectado fue *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Rosales, et al, 1996).

Fue aquí donde se establece la Comisión Nacional de Vigilancia de Marea Roja, constituida por diferentes instituciones estatales, las cuales son: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Laboratorio Nacional de Salud, Unidad Nacional de Pesca y Acuicultura (UNIPESCA), que pertenece al Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) que forma parte como asesor científico y el departamento de Observaciones e Investigaciones Marinas (OBIMAR) del Puerto Quetzal que brinda el apoyo logístico marítimo.

Luego se presenta dicho fenómeno en los años 1989, 1990, 1995, y 2001, causado por el mismo organismo. Gracias a dicha comisión en el último evento reportado se logro una oportuna detección del organismo causante, presentando concentraciones mayores de 27,000 células/litro (cel/lt), siendo 3,000 cel/lt el límite para declarar una alerta roja a nivel Nacional, lo que permitió advertir a las autoridades competentes.

MARCO TEÓRICO Y CENCEPTUAL

Las mareas rojas son discoloraciones del agua del mar causadas por elevadas concentraciones de microorganismos planctónicos pigmentados. Cuando confieren al agua una tonalidad rojiza, se emplea el término de origen griego *hemotalasia*. Estas manchas son inofensivas en la mayor parte de los casos si se dan en zonas con una buena tasa de renovación de agua, o en zonas no dedicadas a la producción marisquera o a la piscicultura, pero son consideradas como muy nocivas en zonas turísticas y pueden crear alarma social innecesaria si las autoridades sanitarias y los consumidores no están bien informados. No obstante, una floración de idéntica composición podría resultar nociva si apareciera en una zona de escasa circulación de agua, dedicada a cultivo de peces en jaulas o extracción de moluscos bivalvos (Sar, 2002).

Ecológicamente, tres factores básicos parecen ser comunes a todas las mareas rojas. 1) Hay un aumento en el tamaño de la población; 2) hay condiciones favorables para el surgimiento del florecimiento, en la forma de salinidad, temperatura, nutrientes y factores del crecimiento apropiados; 3) hay un mantenimiento y movimiento de las mareas rojas por factores hidrobiológicos y meteorológicos (Dawes, 1986).

Los eventos de mareas rojas tóxicas y florecimientos de fitoplancton son producidos por varias especies de microalgas, entre las cuales destacan los dinoflagelados por la diversidad de especies involucradas en esos fenómenos. La mayoría de las especies pertenecen al plancton y solo algunas son de hábitos bentónicos. Hay principalmente tres especies relacionadas con casos de envenenamiento y mortalidad de peces que son *Gymnodinium catenatum*, *Gymnodinium brevis* y *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, sin embargo, hay otras especies de las que se ignora su toxicidad y han pasado inadvertidamente (Cortes, 1998).

Las toxinas de las mareas rojas pueden llegar a afectar la salud humana en diversas formas y grados según la vía a la que se expongan las personas, que pueden ser:

- **Contacto directo.**

Esta vía de afectación se da cuando la marea roja se presenta en zonas de pesca o lugares de recreación y las personas que realizan esas actividades, conscientes o no, entran en contacto directo con esa aguas, dando como resultado irritación en la piel, mucosa nasal, ocular o dermatitis en general; en todos los casos éstas no pasan de ser molestias leves que no requieren tratamientos especializados.

- **Contacto indirecto.**

Las personas pueden ser afectadas por las toxinas de la marea roja, por medio de un vector, que generalmente son los moluscos bivalvos, ya que éstos tienen la facilidad de concentrar grandes cantidades de microorganismos o sustancias debido a su mecanismo de alimentación, que es a base de filtrar el agua de su entorno, por esto cuando se presenta una marea roja en un banco ostrícola, los organismos concentran grandes cantidades de toxina, y si en ese lapso se ingieren por las personas, éstas resultan intoxicadas. Este tipo de intoxicación es la más peligrosa, ya que puede causar desde molestias leves hasta la muerte, lo que depende de muchos factores, entre ellos la constitución física del individuo, el estado de salud, el tipo de toxina, así como la cantidad ingerida.

Intoxicación paralizante por moluscos (PSP)

Este tipo de intoxicación por lo general es causada por el consumo de moluscos bivalvos que se extraen de áreas recién afectadas por marea roja toxica, los cuales llegan a acumular concentraciones mayores de 80 microorganismos por cada cien gramos de la porción comestible del molusco, de esta manera una vez que la toxina se ingiere, se absorbe muy fácilmente desde la mucosa bucal hasta la gástrica, provocando de inmediato su acción neurotoxica. Los reportes acerca del tiempo que tarda en presentarse las primeras manifestaciones de intoxicación desde la ingesta de los productos afectados varían de 15 minutos hasta algunas horas. El grado de intoxicación se clasifica en leve, severa y extrema, cuyos principales signos y síntomas se presentan a continuación:

- **Intoxicación leve:**

Las manifestaciones que se presentan en este grado de intoxicación son una parestesia peribucal, a lo cual la persona afectada refiere como sensación de hormigueo alrededor de la boca, que al paso de los minutos se percibe en manos y pies, en muchos casos en la cara y el cuello; también se presenta una sensación de malestar de la cabeza y náuseas.

- **Intoxicación severa:**

Se alcanza este grado de intoxicación cuando la persona afectada presenta el cuadro clínico de intoxicación leve, más lo siguiente: incoordinación al hablar, parestesias en brazos y piernas, incoordinación de extremidades, adinamia, alteración del pulso y dificultad respiratoria.

- **Intoxicación extrema:**

Este caso grave de intoxicación se presenta, cuando se manifiesta los grados anteriores además de parálisis muscular flácida, disnea pronunciada y paro cardiorrespiratorio.

Intoxicación diarreica por moluscos (DSP)

La intoxicación por toxinas diarreicas de los moluscos presenta un cuadro clínico en el que la diarrea constituye el principal signo seguido por náuseas, vómito y dolor abdominal, estos signos y síntomas se inician entre un lapso de 30 minutos o en el transcurso de algunas horas después de ingerir el alimento contaminado.

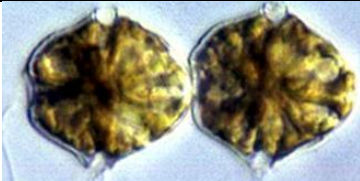
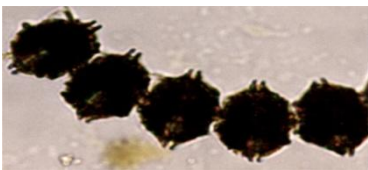

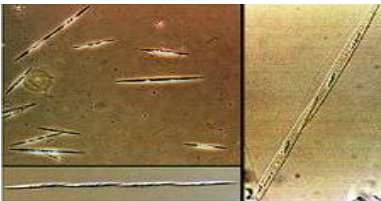
Intoxicación neurotóxica por moluscos (NSP)

La intoxicación con brevetoxina se da por medio del contacto directo con la brisa marina durante los eventos de marea roja por *Ptychodiscus brevis*, así como por la ingesta de moluscos o peces afectados, las molestias que se presentan en las vías respiratorias altas, por lo general son leves y no requieren de tratamiento especializado. El consumo de productos marinos afectados, provoca ligeras molestias en comparación con la intoxicación paralizante.

Intoxicación amnésica por moluscos (ASP)

Siendo el ácido domoico de configuración química semejante al ácido glutámico, compiten con éste por los neuroreceptores del sistema nervioso central, por lo que las principales manifestaciones fisiológicas en la región del hipocampo cerebral, por lo que las principales manifestaciones clínicas en este tipo de intoxicaciones son alteraciones en los procesos de memoria y orientación, incluyendo además trastornos como: náuseas, vómito, diarrea, cólicos abdominales, dolor de cabeza, en casos severos pueden presentarse secreción bronquial, dificultad respiratoria, siendo este último un dato característico como es el olvido de situaciones recién ocurridas (Cortes, 1998).

Tabla 1: Principales intoxicaciones

Intoxicación	Especies	Foto	Síntomas
PSP	<i>Alexandrium sp</i>		–Síntomas leves gastrointestinales (vómitos y diarreas) –Síntomas graves, neurotóxicos.
	<i>Pyrodinium sp</i>		
DSP	<i>Dinophysis sp</i>		–Síntomas leves gastrointestinales –Síntomas graves: la exposición crónica puede promover la formación de tumores en el sistema digestivo.
ASP	<i>Pseudo-nitzscha</i>		–Síntomas leves gastrointestinales –Síntomas graves neurológicos.

MÉTODOS Y TÉCNICAS

Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo descriptivo a lo largo del tiempo, del 2001 al 2007, refiriéndose a los fenómenos de marea roja ocurridos en Guatemala, donde se integrará información de diferentes instituciones como del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura – CEMA-, de la Unidad de Pesca y Acuicultura – UNIPESCA-, del Laboratorio Nacional de Salud y programas de Teledetección Aplicadas al Medio Ambiente. Donde el universo de estudio corresponde a la costa del Océano pacífico.

Procesamiento de la Información:

Para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos se elaboró tablas de datos, figuras de parámetros y por punto de muestreo. Se describieron los resultados obtenidos, auxiliándose de una serie de imágenes, para facilitar el conocimiento planteado, procediendo a la discusión e interpretación de los resultados, basándose en diferentes aspectos de calidad del agua.

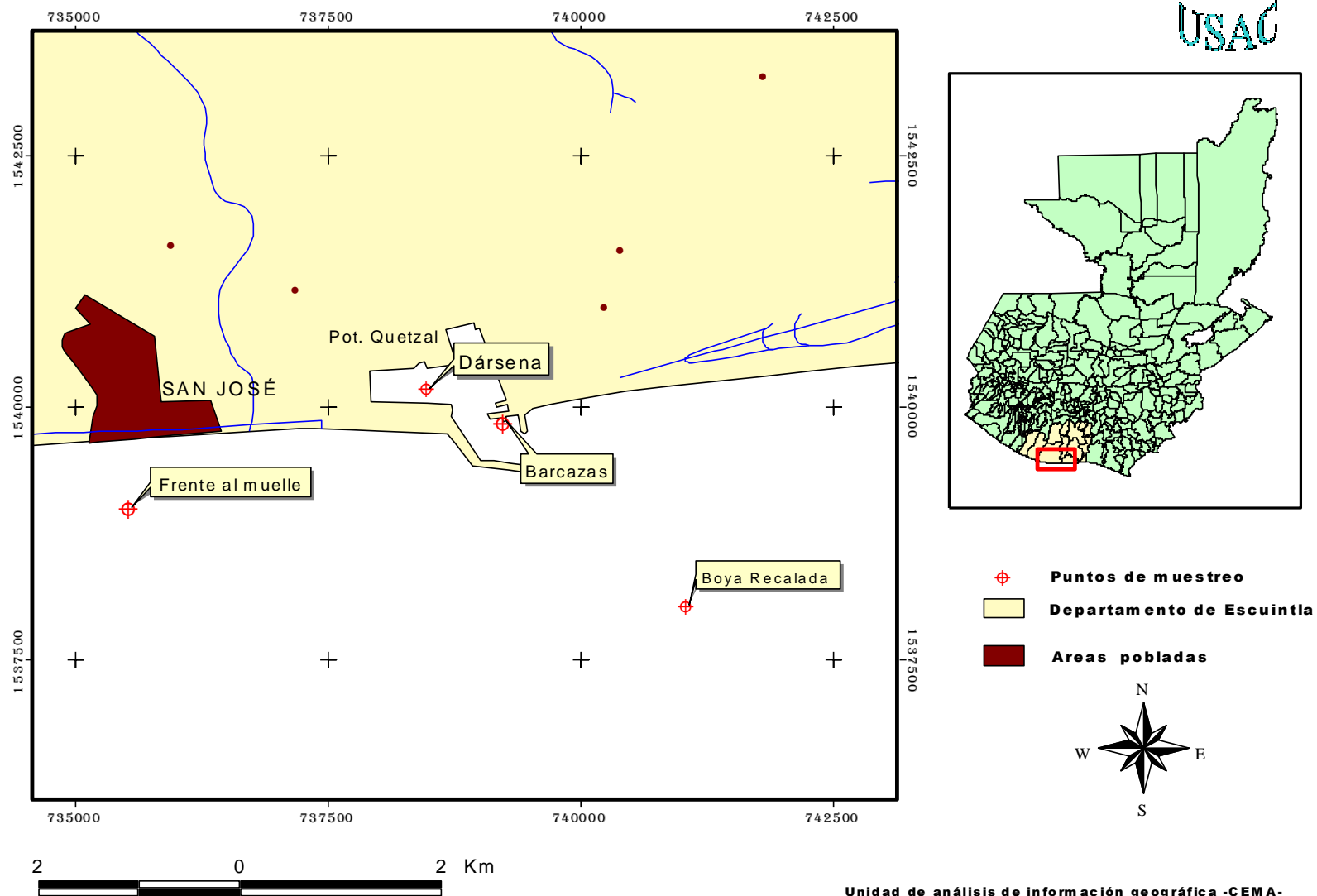
Ubicación del área de estudio

Los muestreos se realizaron del puerto Quetzal al puerto San José, ubicado en la costa del Pacífico, departamento de Escuintla. Los puntos de muestreo son: Punto 1, Frente al muelle de Pto. San José (long. 735672, Lat.1538989); Punto 2, Bolla recalada (Lon. 741587, Lat. 1538378); Punto 3, Dentro de la dársena del Pto. Quetzal (Lon. 738924, Lat. 1539818); Punto 4, Frente al desfogue de barcazas (Lon. 739231, Lat. 1539785) (Figura 2).



Figura 1: Área de estudios

Figura 2: Puntos de muestreo en el área de estudio.



La metodología de muestreo se realizó en varias fases las cuales son:

Metodología pre-muestreo

Previo al inicio de cada monitoreo, es necesario revisar el estado físico y funcionamiento de todo el equipo de investigación, principalmente calibrar el equipo de calidad de agua para obtener datos reales de los parámetros físico-químicos.

Metodología de muestreo

Ubicados en el área de estudio se toman las coordenadas geográficas (UTM) de cada punto de muestreo con un GPS (Posicionamiento Global por Satélite) en cada punto se toma una muestra de agua *in situ* con una manguera de 15 m. de largo, con un diámetro de 1", la cual es desmontable cada 5 m por llaves de paso de plástico, obteniendo 3 muestras de 2 litros a tres diferentes profundidades (0-5, 5-10, 10-15 m). Se toman las muestras de fitoplancton en frascos respectivamente etiquetados, se fijan con Lugol y se almacenan en una hielera para su transporte al laboratorio.

Los 4 puntos de muestreo fueron; 1) Frente al Puerto San José, 2) Boya Recalada, 3) Dársena de Puerto Quetzal, 4) desfogue de aguas de las barcas. En estos puntos se evaluaron los siguientes parámetros físico-químicos: Temperatura, Salinidad, pH, Oxígeno Disuelto, Disco Secchi y Fitoplancton, el cual será identificado y cuantificado en laboratorio.

Conteo celular con cámara de Sedgewick-Rafter

Las cámaras Sedgewick-Rafter son específicas para realizar conteos de microalgas, se utilizó un portaobjetos, cuyas dimensiones son 50 x 20 x 1 mm, por tanto su capacidad es de $1,000 \text{ mm}^3 = 1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$. Son adecuadas para conteos de células con un tamaño comprendido entre 50-500 micras y densidades celulares entre $30 \times 10^4 \text{ cel/ml}$.

Las cámaras de Sedgewick-Rafter tienen un retículo de 50 columnas por 20 filas, quedando su área dividida en 1,000 cuadrados de 1 mm^2 de superficie. El retículo facilita el conteo de muestras densas ($+10^3 \text{ cel-l}^{-1}$), al permitir pequeñas fracciones del total de la cámara.

Normas a seguir en los conteos

- Asegurarse de que la muestra está homogéneamente distribuida en la cámara. La muestra se puede verter con una pipeta de boca ancha, colocada perpendicularmente a la cámara, apoyada en la esquina superior izquierda, colocando el cubre-objetos en diagonal, de forma que sólo queden cubierto un pequeño triángulo en la esquina superior izquierda, y la esquina inferior derecha. No obstante, si las células son grandes o formadoras de cadenas, pueden resultar una distribución contagiosa en la esquina donde se realizó la descarga.

- Es preferible verte con gran rapidez, en el centro de la cámara, una alícuota ligeramente superior a 1 ml y tapar inmediatamente con el cubre. De esta forma se consiguen distribuciones muy homogéneas.
- Contar un tamaño de muestra que dé resultados estadísticamente fiables.
- Un conteo de 100 células dará una estimación con un error de $\pm 20.0\%$ y un conteo de 400 células, con un error de $\pm 10.0\%$ de la media, en un intervalo de confianza del 95%.
- Si se cuentan organismos formadores de cadena, es aconsejable contar la cámara entera.
- La longitud de cadena es una información interesante que suele indicar la “salud” del cultivo. Si la densidad celular es muy elevada se puede diluir antes de realizar el conteo.
- Si la muestra de células sueltas, es muy concentrada, se contarán varias filas o incluso los cuadros pares (o impares) de varias filas.
- Se elegirán filas dispuestas simétricamente en la cámara. Ej. Si se cuentan 3 filas, contar las filas 3ª, 10ª y 17ª, si fueran 5, las filas 3ª, 7ª, 10ª, 13ª y 17ª. Si se puede también elegir contar columnas (respetando las mismas reglas).
- Filas: contar las células que tocan la línea superior y no contar las que tocan la línea inferior
- Cuadritos: contar las células que tocan el lado superior y el de la izquierda y no contar las que tocan el lado derecho y el inferior (o al revés).
- Contar dos cámaras por muestra. Si los datos difieren más de un 10-15%, se podría sospechar una mala distribución de las muestras o el manipuleo previo (Carrillo, 2,000).

Ejemplo: practica del cálculo de concentración:

Se han contado las células contenidas en la 3 (213), fila 10 (198) y fila 17 (205) de la cámara

$$D = \frac{213+198+205}{150} \times 1,000 = 4,016 \text{ cel/ml}$$

Bioensayo de ratón para la detección de Saxitoxina

La metodología de bioensayo de ratón, fue proporcionada por Licda. María del Carmen Castillo del Laboratorio Nacional de Salud, tal metodología fue estandarizada por Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC), en 1984.

La muestra son extraídas por los pescadores artesanales de diferentes lugares de la costa, estas muestras son compradas y trasladada por personal encargo de UNIPESCA (Unidad Nacional de Pesca y Acuicultura) y entregada al Laboratorio Nacional de Salud, en donde se determina las unidades ratón.

El factor más importante es que el número de bivalvos incluido sea suficiente para lograr que la muestra sea representativa. Si la muestra debe ser congelada antes del análisis, es importante que antes de congelarla, la carne debe de ser sacada de la concha y el líquido debe ser drenado. Cuando la muestra se descongela, el líquido que se separa de la muestra debe ser incluido en la muestra, ya que una cantidad sustancial de toxina se encuentra en el líquido.

Se pesa la muestra molida, y se agrega 1ml de HCl 1.0M por gramo de muestra. Llevar el contenido rápidamente a ebullición y dejar hervir suavemente por 5 minutos. La temperatura debe mantenerse a 100°C todo el tiempo. Se retira el beaker de la estufa y enfriarlo en un baño de hielo a temperatura ambiente o menos, la mezcla debe ser perfectamente enfriada antes de seguir con el método.

Con la mezcla todavía en el baño de hielo ajustar el pH agregando lentamente solución de NaOH hasta llegar a un pH entre 2.5 y 4, preferente mente pH 3. Agitar bien con una varilla mientras se agrega el Na OH.

Se pesa el beaker para conocer el volumen final.

Los resultados se calculan en Unidades Ratón (UR)/100 gramos de carne. Las UR se pueden convertir a microgramos de saxitoxina/100 g de carne usando el factor de conversión.

Ejemplo calculo.

$$\text{UR}/100\text{g} = \frac{\text{UR tomados de tabla de Somer} \times \text{Peso del ratón corregido} \times \text{Volumen}}{\text{peso final} \times 100}$$

UR: son las unidades ratón que corresponden al tiempo de muerte del ratón. Este valor se obtiene de la tabla de Somer (tabla1). Es necesario interpolar cuando el tiempo de muerte se encuentra entre 2 intervalos. No es conveniente calcular con tiempos menores de 5 minutos. En esos casos es necesario hacer diluciones para obtener resultados confiables. El mejor tiempo de muerte es entre 5 y 7 minutos.

Peso corregido: se obtiene de la tabla que relaciona el peso del ratón y las unidades ratón.

Volumen peso final: asume que la densidad =1 este es el valor del volumen o peso final de la suspensión.

Peso de muestra: es el peso en gramos de la muestra original.

100: para referir el resultado a 100g.

Tabla 2: Tabla de Sommer's

Tiempo de Muerte	Unidades de ratón	Tiempo de muerte	Unidades de ratón	Tiempo de muerte	Unidades de ratón	Tiempo de muerte	Unidades de ratón
01:00	100	03:00	3.7	05:00	1.92		
10	66.2	5	3.57	5	1.89	09:00	1.16
15	38.3	10	3.43	10	1.86	30	1.13
20	26.4	15	3.31	15	1.83	10:00	1.11
25	20.7	20	3.19	20	1.8	30	1.09
30	16.5	25	3.08	25	1.74	11:00	1.07
35	13.9	30	2.98	30	1.69	30	1.06
40	11.9	35	2.88	35	1.67		
45	10.4	40	2.79	40	1.97	12	1.05
50	9.33	45	2.71	45	1.64	13	1.03
55	8.42	50	2.63			14	1.015
		55	2.56	06:00	1.6	15	1
02:00	7.67			15	1.54	16	0.99
5	7.04	04:00	2.5	30	1.48	17	0.98
10	6.52	5	2.44	45	1.43	18	0.97
15	6.06	10	2.38			19	0.965
20	5.66	15	2.32	07:00	1.39	20	0.96
25	5.32	20	2.26	15	1.22	21	0.95
30	5	25	2.21	30	1.2	22	0.948
35	4.73	30	2.16	45	1.18	23	0.942
40	4.48	35	2.12			24	0.937
45	4.26	40	2.08	08:00	1.25	25	0.934
50	4.06	45	2.04	15	1.22	30	0.917
55	3.88	50	2	30	1.2	40	0.898
		55	1.96	45	1.18	60	0.87

Recurso humano

- Profesor encargado del muestreo
- Técnico responsable
- Alumnos de CEMA
- Personal UNIPESCA
- Personal Laboratorio Nacional de Salud
- Pescadores artesanales

Material y equipo

- Sonda oceanográfica multiparametros, para medir:
 - pH
 - Temperatura
 - Salinidad
 - Oxígeno disuelto
- Disco Secchi, para medir la transparencia del agua.
- Manguera de 15 m para tomar las muestras de agua a diferentes profundidades.
- Botes de vidrio, con capacidad de 250 ml para tomar la muestra de fitoplancton.
- Lugol, para fijar la muestra de fitoplancton.
- Cámara de conteo de fitoplancton
- GPS
- Vehículo
- Lancha con motor fuera de borda

RESULTADOS

Abundancia del fitoplancton en las aguas costeras del Pacífico de Guatemala.

La tabla 2 muestra las concentraciones de Unidades Ratón durante el año 2001 a lo largo de toda la costa Pacífica, en este evento el organismo identificado fue *Pyrodinium bahamense*.

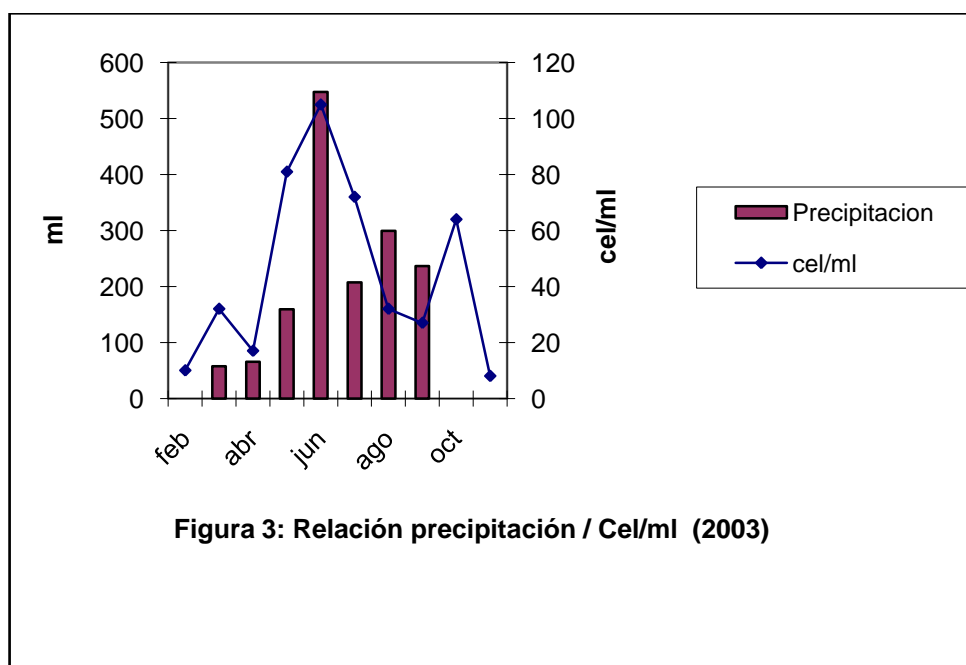
Tabla 3: Niveles de Saxitoxina, 2001.

Fecha	Procedencia	Molusco	Saxitoxina *UR/100g
22/08/01	Champerico	Mejillón	280
22/08/01	Champerico	Ostra	162
25/08/01	Pto. San José	Ostra	291
25/08/01	Las Lisas	Concha	254
25/08/01	Las Lisas	Mejillón	806
25/08/01	Las Lisas	Almeja	90
25/08/01	Champerico	Ostra	144
28/08/01	Las Lisas	Concha	247
28/08/01	Las Lisas	Mejillón	629
29/08/01	Tecojate	Almeja	300
29/08/01	Tecojate	Concha	200
29/08/01	Las Lisas	Mejillón	508
29/08/01	Las Lisas	Almeja	ND
29/08/01	Las Lisas	Concha	117
29/08/01	Las Lisas	Concha	ND
29/08/01	Tecojate	Mejillón	287
29/08/01	Tecojate	Concha	425
30/08/01	Tecojate	Concha	450
30/08/01	Las Lisas	Concha	708
30/08/01	Las Lisas	Mejillón	175
30/08/01	Tecojate	Mejillón	147
03/09/01		Mejillón	480
03/09/01		Almeja	156
03/09/01		<i>Crassostrea</i>	321
12/09/01		Mejillón	160
02/09/01		Anadara	92

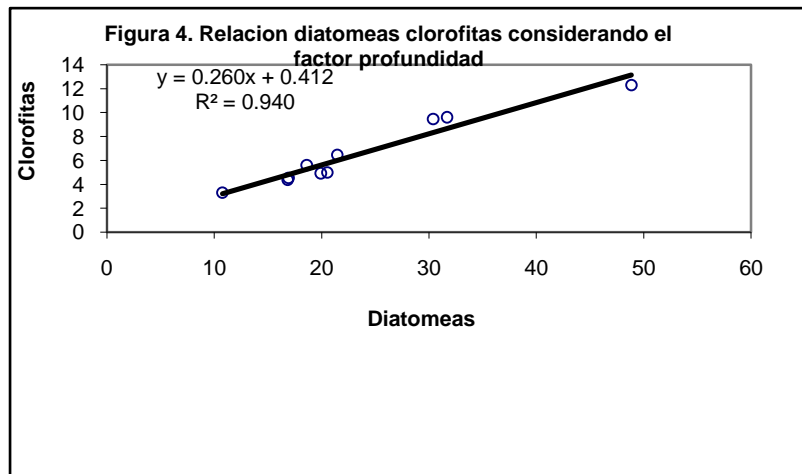
Fuente: UNIPESCA, 2001.

En la tabla anterior presenta una serie de datos los cuales proceden de tres fuentes, Unidad de Pesca y Acuicultura (UNIPESCA), OBIMAR de Puerto Quetzal CEMA/USAC, las tres entidades mencionadas forman parte de la Comisión Nacional para la Marea Roja, la cual fue creada después del evento mortal de 1987. En esta tabla se puede observar los lugares que fueron monitoreados obteniendo resultados positivos en la presencia de marea roja. Las Lisas ubicada al Sureste de Guatemala fue el lugar que presento mayor abundancia Saxitoxina con un total de 629 UR (Laboratorio Nacional de Salud, 2001).

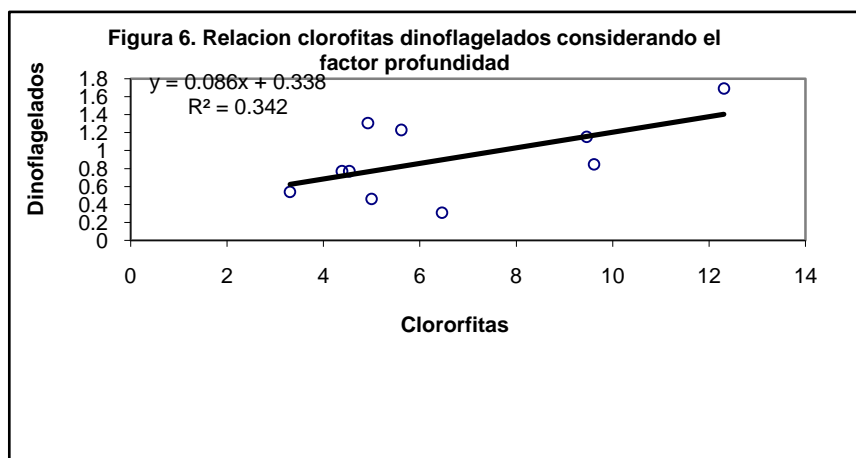
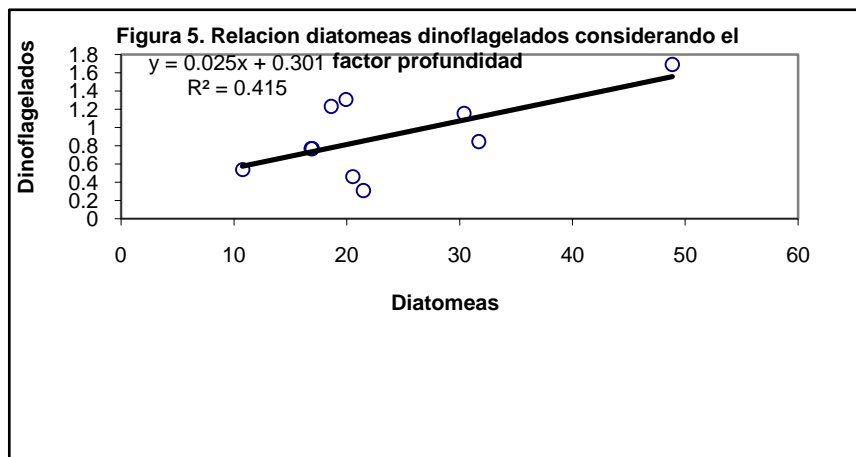
En la figura 3 se observa el comportamiento de la precipitación pluvial (INSIVUMEH) y la densidad de microalgas por mililitro de agua de mar (CEMA) durante el año 2003. Se puede determinar una diferencia muy marcada del crecimiento de microalgas durante el mes de mayo y junio, ya que son los meses de mayor precipitación en Guatemala. Gran cantidad de agua rica en nutrientes es depositada al mar por dos desembocaduras del canal de Chiquimulilla.



En todos los puntos de muestreo y a sus diferentes profundidades se presenta una mayor concentración de Diatomeas, el género *Chaetoceros* como grupo dominante y luego le sigue con una baja concentración las Clorófitas con una diversa variedad de especies. Dentro del grupo de dinoflagelados se encontraron en pocas cantidades, el género *Ceratium*, durante este periodo no se observó una proliferación de dinoflagelados pero no cabe duda que es una época en la cual se debe de estar alerta, ya que el ambiente marino cuenta con las condiciones necesarias para el incremento de microalgas.



En la figura 4 se observa la relación entre diatomeas y clorofitas considerando el factor de profundidad, a relación que aumenta las diatomeas hay un leve crecimiento en la clorofitas y a mayor profundidad se observa una disminución de las microalgas, esto se debe que a menor profundidad los rayo de luz solar penetra más en el agua, por lo que en esta zona encontraremos la mayor parte de productores primarios.



Las graficas número 5 y 6 se observa la relación entre las diatomeas y clorofitas con respecto a los dinoflagelados y no se presenta una relación significativa entre ambas graficas, lo que quiere decir que no importa la abundancia de otros grupos de microalgas, los dinoflagelados siempre están presentes en el medio solo basta que se presente los factores ambientales necesarios para que estos se reproduzcan y desplacen las poblaciones de otros grupos de microalgas.

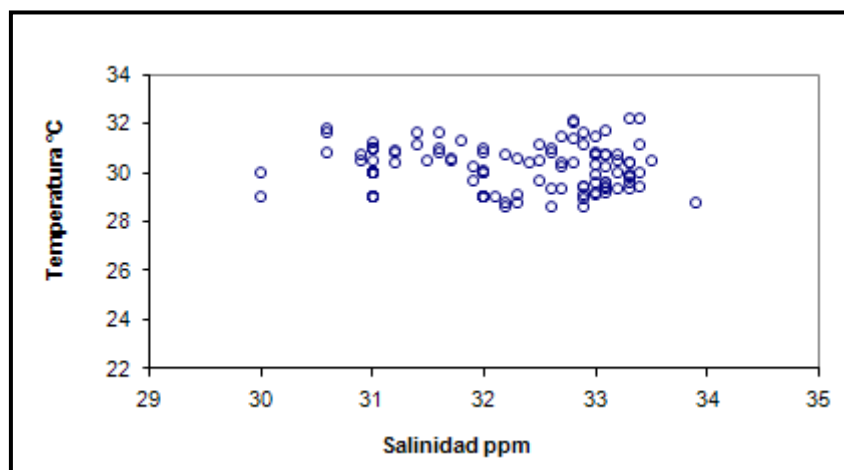


Figura 7: comportamiento de fitoplancton

La figura 7 muestra la distribución del fitoplancton en la zona costera a diferentes temperaturas y salinidades, se puede observar que a una salinidad de 33 ppm y a una temperatura de 29°C se encuentra una mayor abundancia de fitoplancton, principalmente del género *Chaetoceros*. Estas diatomeas constituyen un grupo muy importante de productoras primarias que predominan en las zonas de surgencia costera.

Las diatomeas poseen la capacidad de habitar cualquier ambiente acuático o semiacuático que este expuesto a la luz, las deficiencias de fosfato o temperaturas extremas se relacionan con la producción de estas estructuras que se hunden al piso marino para emerger cuando las condiciones se tornan favorables.

Tabla 4: Niveles de Saxitoxina, 2005.

FECHA	PROCEDENCIA	MUESTRA	CONCENTRACIÓN SAXITOXINAS (UR/100 g)
18-10-05	Puerto San José	Ostras	No detectada
28-10-05	Puerto San José	Ostras	No detectada
31-10-05	Las Lisas	Conchas	No detectada
11-11-05	Puerto San José	Ostras	No detectada
18-11-05	Champerico	Ostiones	No detectada
30-11-05	Las Lisas	Conchas	No detectada
07-12-05	Las Lisas	Conchas	2170
07-12-05	Puerto San José	Conchas	630
12-12-05	Champerico	Ostras	No detectada
13-12-05	Sipacate	Mejillones	No detectada
14-12-05	Las Lisas	Conchas	716.5
15-12-05	Puerto San José	Ostras	1609
19-12-05	Sipacate	Mejillón	No detectada
19-12-05	Las Lisas	Conchas	1177
19-12-05	Champerico	Ostras	No detectada
22-12-05	Puerto San José	Conchas	379
22-12-05	Puerto San José	Ostras	No detectada
22-12-05	Las Lisas	Conchas	299

Fuente: UNIPESCA 2005.

La tabla 4 muestra el análisis de Saxitoxina, durante el evento de diciembre del 2,005, estos datos fueron proporcionados por UNIPESCA, se puede observar que nuevamente Las Lisas presentó una mayor concentración de unidades ratón en las muestras de moluscos y el Puerto de San José presentó 1609 UR, dando como resultado una alerta roja a nivel Nacional.

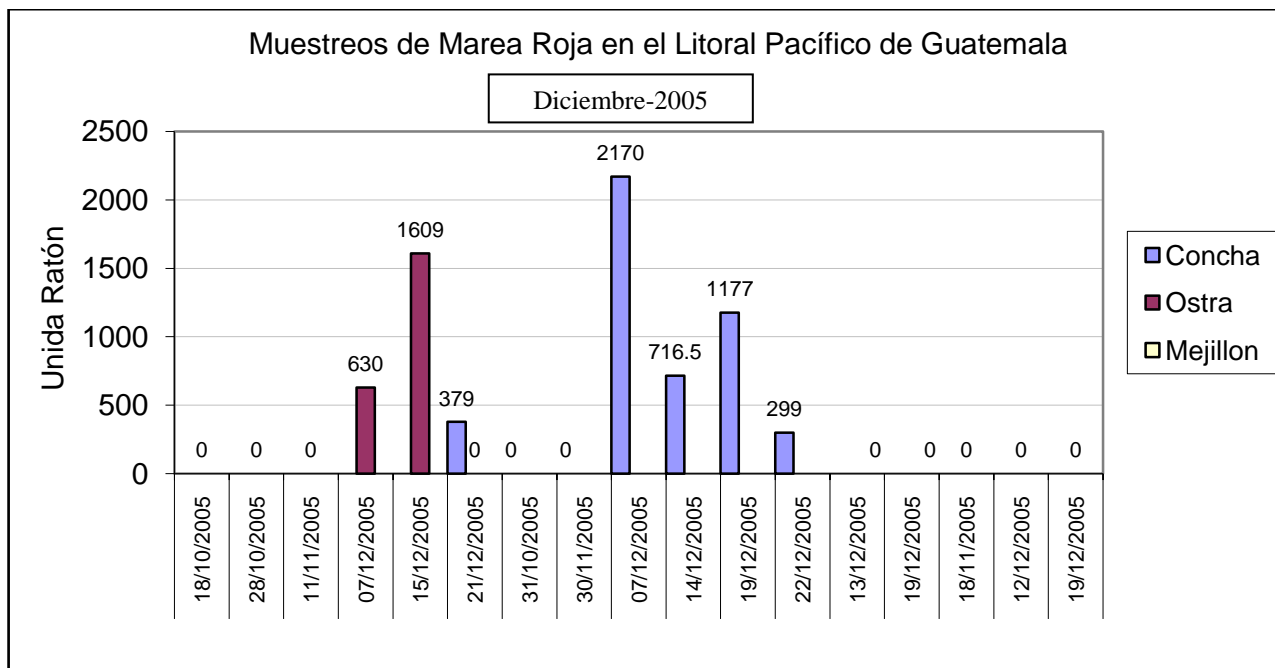


Figura 8. Niveles de unidades de ratón. (Carrillo, 2007)

Esta figura muestra los niveles de unidades de ratón durante los meses de octubre a diciembre del 2005. Las Lisas presenta una mayor contaminación por Saxitoxina, durante el mes de diciembre del 2005. La figura que se presenta a continuación muestra las concentraciones de clorofila durante esta temporada. Este evento ocurrió a lo largo de toda la costa del Pacífico de Guatemala.

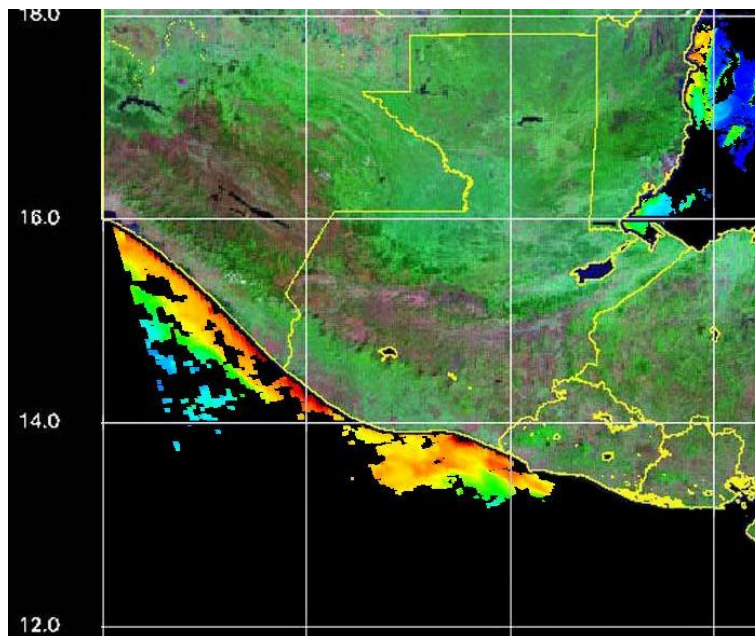


Figura 9: Concentración de Clorofila, diciembre 2005 (Fotografía satelital tomada de <http://www.servir.net/index.php?option.com>).

Durante el 2007 se presento un florecimiento que afecto a pequeños productores de camarón, ocasionando grandes pérdidas económicas en sus cultivos, como se puede observar en la figura 10. La mortalidad de camarón fue ocasionada por bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua de las piscinas de cultivo, debido a la cantidad de dinoflagelado presentes. En la tabla 4 se puede observar la concentración que alcanzaron hasta 10,800 cel/ml.

Este microorganismo fue identificado como *Alexandrium sp.* Debido a su tamaño y complejidad no se está seguro de su género, ya que esta especie no se ha registrado anteriormente en aguas Guatemaltecas.

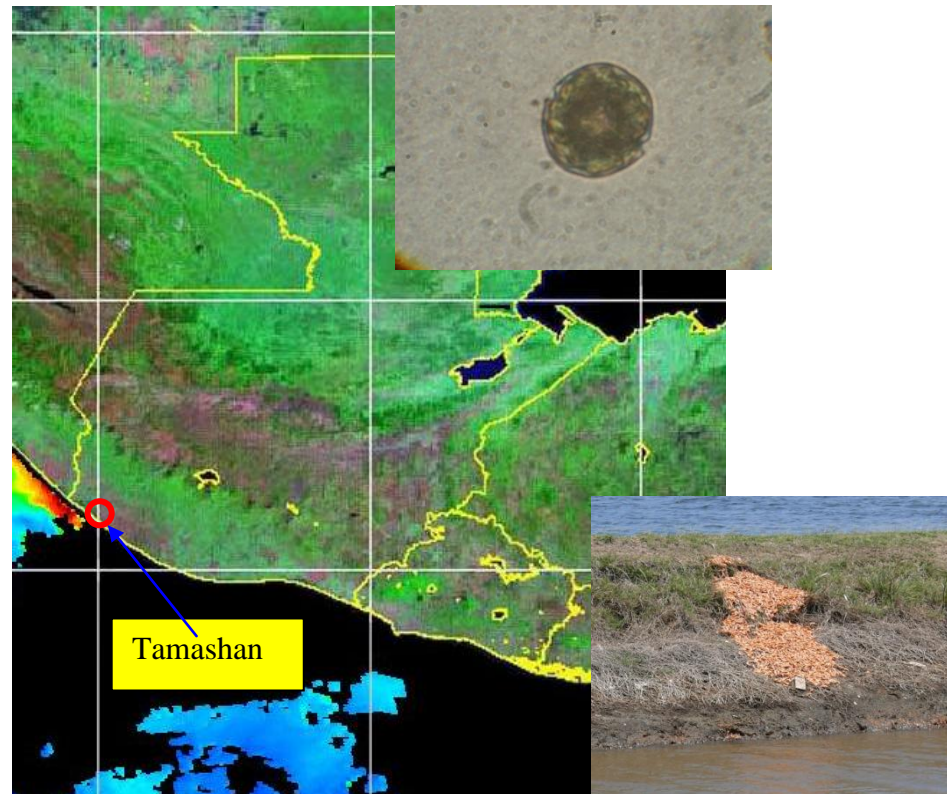


Figura 10: Concentración de Clorofila, 12/04/07 (Fotografía satelital tomada de <http://www.servir.net/index.php?option.com>).

Microorganismo: *Alexandrium sp.*

Tabla 5: Conteo de microalgas en la finca camaronera Tamashan.

Fecha: 14/04/07	Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 3	
Microalgas	Cel/ml	%	Cel/ml	%	Cel/ml	%	Cel/ml	%
Diatomeas	640	15	453	36	347	3	193	4
Clorofitas	166	4	67	5	6	0.2	27	0.4
Dinoflagelados	3440	81	720	59	10800	97	6060	96
TOTAL	4246	100	1240	100	11153	100	6280	100

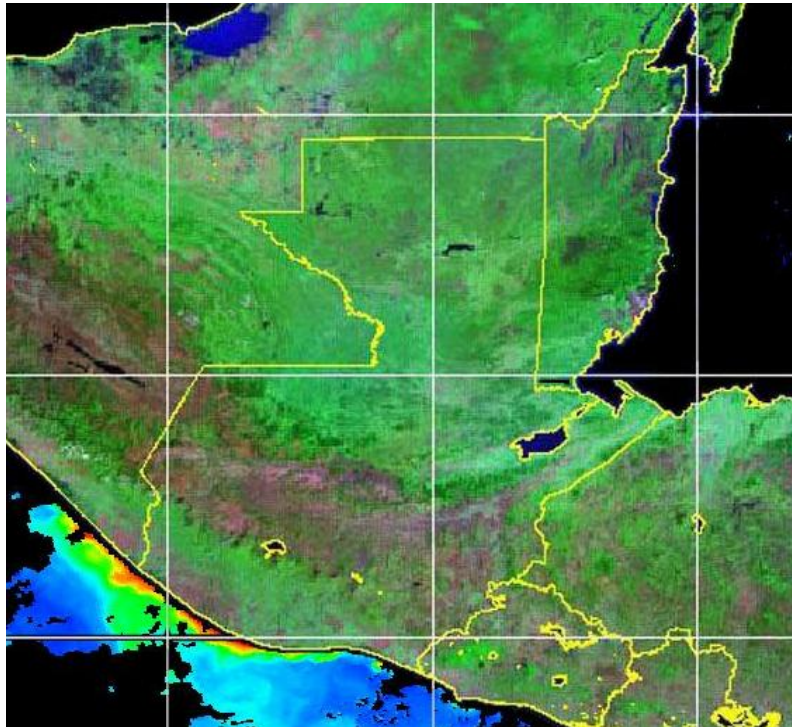


Figura 11: Concentración de clorofila Fecha: 18-06-07 (Fotografía satelital tomada de <http://www.servir.net/index.php?option.com>).

Otro de los acontecimientos que se pudo detectar por medio de sensores remotos (fig. 11) fue el microorganismo *Chattonella* que se muestra en la figura 12, este alcanzó concentraciones de 4,000 cel/ml y no presentó ningún daño a los cultivos acuáticos.



Figura 12: *Chattonella antiqua*

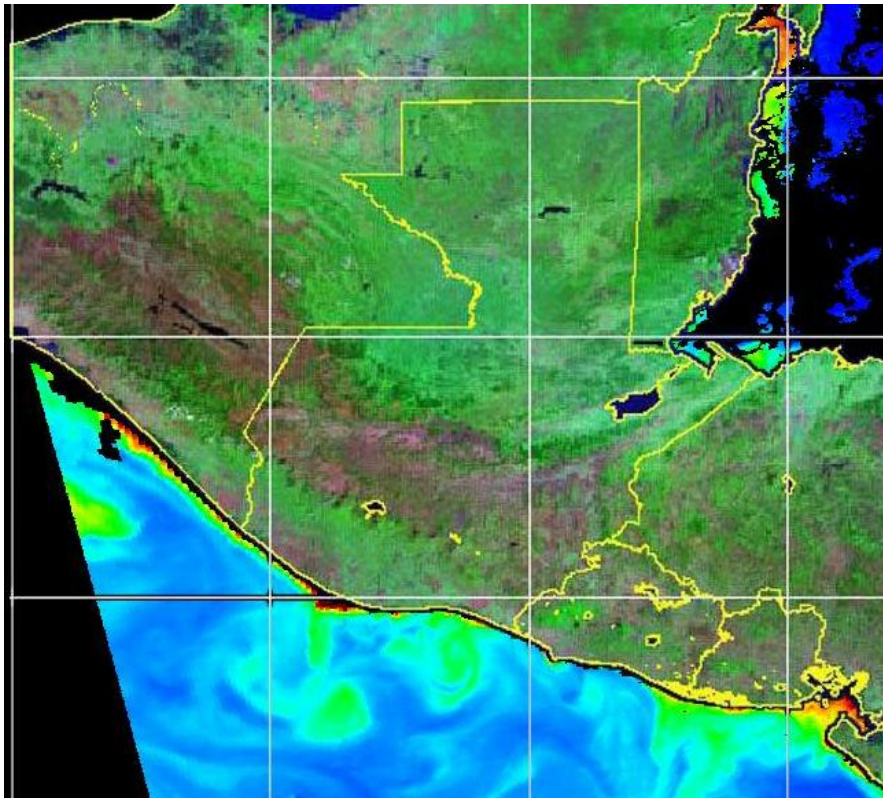


Figura 13: Niveles de clorofila Nov.19-07 (Fotografía satelital tomada de <http://www.servir.net/index.php?option=com>).



Figura 14: *Cochlodinium* sp.

Nombre: *Cochlodinium* sp.

Muestra: tomada el 21 de noviembre del 2007 (17:30horas).

Conteo: 4,666 cel/ml.

Se han propuesto varias hipótesis para explicar la muerte masiva de los peces por *Cochlodinium* (fig.14).

- a) que la mortandad de peces se debe a sofocación por una secreción anormal de mucus.
- b) a la excesiva cobertura de dinoflagelados en la superficie de las agallas.

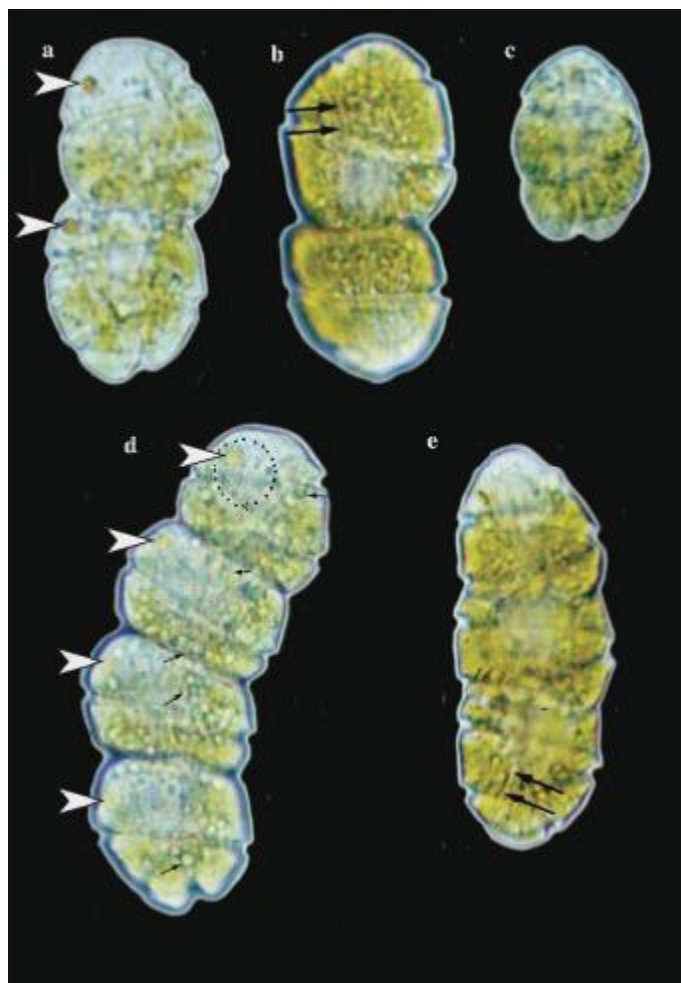


Figura 15. Características morfológicas

La figura 15 muestra las características morfológicas de *C. catenatum*. a-b) colonia de dos células mostrando el estigma (puntas de flecha) y los cloroplastos en forma de barra (flechas paralelas), en esta última la célula inicial es menor que la final. c) célula aislada mostrando su forma típica oval y cuyo giro del cíngulo es mayor que en las células de las colonias. d-e) Colonia de cuatro células mostrando estigmas, múltiples y pequeños cuerpos verde-azules (flechas pequeñas) y posición anterior del núcleo, resaltado en la primera célula por contorno punteado.

Otras especies de dinoflagelados presentes en las costas del Pacífico de Guatemala. A continuación se presenta una serie de fotografías de los dinoflagelados presentes en las costas del Pacífico de Guatemala.



Figura 16: *Ceratium* sp.

Descripción:

Epiteca triangular, hipoteca trapezoidal. Cuerno apical recto, largo. Cuernos antapicales desiguales, largos, dirigidos ventralmente; el izquierdo mas corto, paralelos o convergentes. Similar a *C. macroceros* (Ehrenberg) Vanhoffen, pero se distinguen en que este último, el cuerno apical es más delgado y los antapicales tienen un ángulo mayor de separación con respecto al cuerno apical. Dimensiones reportadas: longitud 200-230 μm ; transdiámetro 50-55 μm (Wood 1968: 50-70 μm long.).

La determinación de esta especie es compleja en virtud de la similitud con *C. macroceros* y *C. carriense* Gourrt (en vista valvar) como lo menciona Pavillard (1931 in: Sournia 1967b). Balech et. al. (1984), la mencionan como *C. aestuarium*. Ambos discuten la poca información que hay sobre ésta.

Distribución General:

Tropical, nerítica y oceánica.

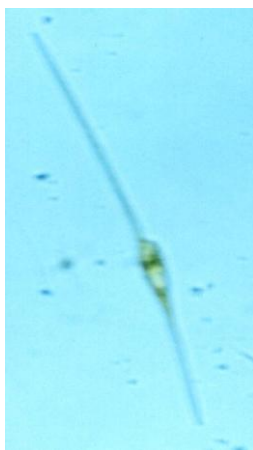


Figura 17: *Ceratium fusus*

Descripción:

Epiteca mayor que la hipoteca; cuerno apical largo y curvado, casi de la misma longitud del cuerno antapical izquierdo. Cuerno antapical derecho casi imperceptible. Especie reportada en las costas de Europa como productora de marea roja (Lassus, 1988). Dimensiones reportadas: longitud 430-560 μm , transdiámetro 20-30 μm .

Distribución General:

Cosmopolita en aguas costeras tropicales.

En el año 2002 el Genero *Ceratium*, se observó como una especie dominante, sin embargo no ocasionó un florecimiento de gran magnitud, hasta el momento esta especie no se considera tóxica, pero si puede estar asociada a grandes florecimientos, que en algún momento puede ocasionar problemas.

En los muestreos realizados por Lic. Luis Gerardo Rodríguez, durante el año 2002, se presentó el microorganismo *Pyrodinium bahamense*, considerado la especie de mayor importancia, debido a la magnitud de florecimientos tóxicos en años anteriores, sin embargo durante este año no presentó una concentración de celular por litro preocupante.

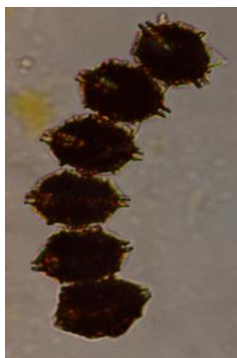


Figura 18: *Pyrodinium bahamense* var, *compressum*

Descripción:

Dinoflagelado tecado. Presencia de espinas apicales y antiapicales distintivas. Aletas cingulares prominentes, las surcales también están desarrolladas. Las suturas de las placas con crestas. Se representan en cadenas o solitarias. Células comprimidas en el sentido anteroposterior. Mide 55-70 μm de longitud y 50-62 de ancho.

Distribución General:

Costas del Sureste de México, región Indo-Pacífico, Nueva Guinea, Costas de Guatemala.



Figura 19: Reportaje sobre marea roja

(*Pyrodinium bahamense* var. *Compressum*). (Fuente Siglo XXI, Agosto 2001).

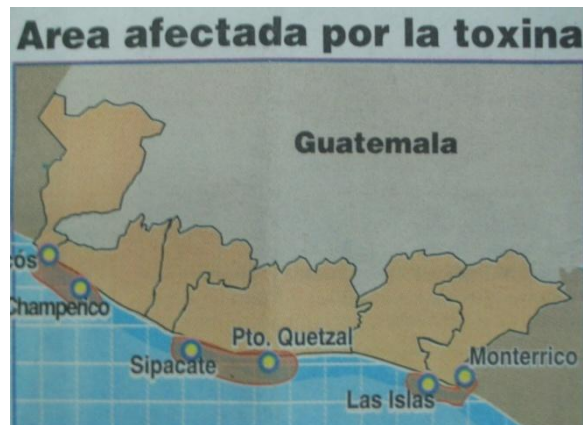


Figura 20: Áreas afectadas por la marea roja 2001. (Fuente Siglo XXI).



Figura 21: Dársena del Puerto Quetzal, afectada por marea roja 2001.

Las figuras 19,20, y 21 son fotografías tomadas del diario oficial, que reportaron uno de los acontecimientos de marea roja más grande ocurridos en las costas del Pacífico guatemalteco durante el año 2001.

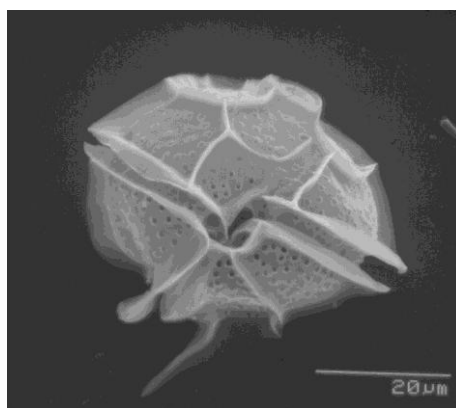


Figura 22: *Pyrodinium bahamense*.

La figura 21 muestra una Fotografía electrónica tomadas por Licda. Maribelle Vargas Montero. UCR, Costa Rica, esta muestra fue tomada en el Pacífico de Guatemala, agosto 2001.

DISCUSIÓN

El CEMA lleva a cabo muestreos de microalgas constante desde el año 2,000, principalmente por la constante amenaza de la presencia de una marea roja toxica.

Actualmente existe información limitada de este fenómeno y poco material de apoyo para la identificación de diniflagelados, especialmente de las especies toxicas presentes en la región.

En Guatemala no se tiene registros de florecimientos algales antes del año 1985. El primer evento reportado de marea roja en Guatemala se suscito en este año, en las aguas del Océano Pacifico, en esta ocasión el organismo causante no fue identificado.

El segundo evento se suscitó en 1987, siendo este el más intenso, registrando 187 intoxicaciones humanas, 28 de ellas letales. El organismo detectado fue *Pyrodinium bahamense* var. *Compressum* (Rosales, et al, 1996). Fue aquí donde se establece la Comisión Interinstitucional de vigilancia de marea roja, constituida por diferentes instituciones estatales, dentro de las cuales el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA- forma parte como asesor científico.

Luego se presenta dicho fenómeno en los años 1989, 1990 y 1995, causado por el mismo organismo. Gracias a dicha comisión en el último evento reportado se logro una oportuna detección del organismo causante, presentando concentraciones mayores de 27,000 Cel/L siendo 3,000 Cel/L el límite para declarar una Alerta Roja, lo que permitió prevenir a las autoridades competentes.

Durante agosto del 2,001 se tuvo nuevamente una marea roja por *Pyrodinium bahamense* var. *Compressum*, organismo productor de Saxitoxina, la cual provoca intoxicación paralizante por mariscos (Paralytic Shellfish Poisoning = PSP) en humanos, en esta ocasión no se registraron intoxicaciones.

Durante el año 2002 la presencia de las especies de microalgas de los Géneros *Ceratium*, *Chaetoceros*, *Nitzschia*, fue abundante en los mese de febrero a octubre. Se identificaron 27 especies de microalgas, distribuidas en 13 Género, de las cuales un Género se presentó con potencial de producir florecimiento algales toxicos, este diniflagelado es *Pyrodinium bahamense*, el cual se mantuvo fuera de los limites tolerantes.

El año 2,003 se realizaron 14 muestreos de febrero a noviembre, con la finalidad de detectar la presencia de algún florecimiento, pero las condiciones imperantes durante este lapso de tiempo no provoco las condiciones adecuadas para provocar un evento toxico.

Se determino que en la profundidad de 0-5m existe una mayor concentración de microalgas, ya que a esta profundidad penetra mayor cantidad de luz solar en la columna de agua, además por la misma razón durante el día las microalgas realizan una migración vertical hacia la superficie buscando una mayor cantidad de luz, para efectuar sus funciones de fotosíntesis, e inversamente la densidad de microalgas disminuye a mayor profundidad, al igual que el oxígeno disuelto se encuentra en mayor concentración en la superficie debido que hay una mayor fotosíntesis.

En los meses de marzo a abril se presento la época menos productiva para las microalgas; la época más productiva fueron los meses de mayo a agosto ya que es la época de mayor precipitación pluvial, esto provoca que por escorrentía se depositen en el mar todos los nutrientes utilizados por la industria a lo largo de la cuenca del río María Linda, Lo que también puede ocasionar florecimientos de algas tóxicas.

El punto de mayor concentración de microalgas fue el número tres perteneciente a la dársena del Puerto Quetzal, por ser un área cerrada con poca corriente y por ser un lugar con mucha materia orgánica en descomposición, este es uno de los lugares donde podría iniciar un bloom de dinoflagelados ya que cuenta con todas las condiciones ambientales para que esto suceda.

Los dinoflagelados están bien representados en ambientes marinos y son muy diversos en forma, representan el grupo más abundante de las algas del fitoplancton después de las diatomeas. Ecológicamente estos organismos son muy importantes por ser responsables del florecimiento marino, conocidos como “marea roja”.

El impacto de los afloramientos de fitoplancton tóxico se pone particularmente en evidencia cuando afectan a los recursos marinos, como en el caso de la acuicultura. Este tipo de fitoplancton produce toxinas, las cuales son acumuladas por los moluscos y, en determinados casos, por los peces. Normalmente, estos organismos no muestran ninguna anomalía, pero acumulan las toxinas en sus órganos.

La marea roja llega a ocasionar mortandad de peces, aves y mamíferos. Asimismo, la economía de los países con actividad pesquera y turística se ve fuertemente afectada por la presencia de esas especies, y ponen en riesgo la calidad de los productos pesqueros y los centros de recreación.

Es necesario tener estrategias precaución:

Monitoreo. Incluye la identificación de especies y monitoreo de abundancia, bioensayos de toxicidad, y compilación de datos meteorológicos y oceanográficos para poder proveer advertencia previa.

Pronóstico. Existen algunos modelos predictivos de transporte y dinámica poblacional de florecimientos que permitirían a entidades afectadas tomar medidas para prevenir o disminuir daños. No obstante, hasta ahora, modelos predictivos verdaderamente operacionales de las dinámicas poblacionales y de transporte de especies importantes aún no han sido desarrollados.

Medidas de Emergencia. Incluyen adelantar la cosecha, reducir los alimentos, transportar peces a sitios “seguros”. Para los humanos, las medidas pueden incluir quedarse bajo techo para personas con problemas respiratorios, y no comer frutos del mar provenientes de sitios afectados por las toxinas.

Los eventos de marea roja registrados durante los últimos años en la zona costera del Océano Pacífico de Guatemala fueron provocados por los microorganismos *Pyrodinium bahamense*, en los años 1985, 1987, 1989, 1990, 1995, 2001 y 2005; *Alexandrium sp*, 2007; *Chatonela antica* 2007; y *Cochlodinium sp*, 2007.

El 2007 fue el año que se registraron mayor número de eventos con diferente especie de organismos. *P. bahamense*, que es una de las especies de mayor importancia, por la mortalidad de personas que provoco en el año 1987, no ha florecido desde el año 2005, esto nos da una idea de que las condiciones ambientales favorables para este organismo han cambiado a lo largo de este corto lapso de tiempo.

En Guatemala las mareas rojas se presenta a lo largo de todo el año sin embargo en los meses de noviembre y diciembre es cuando se presentan con mayor intensidad, presentando mayor número de células por mililitro.

CONCLUSIONES

1. En Guatemala son pocas las especies que han provocado marea roja, entre las que podemos mencionar como especie principal *Pyrodinium bahamense*, que en el año de 1987 fallecieron 28 personas por intoxicación paralizante por moluscos.
2. Una de las especies que se ha manifestado con más frecuencia es *Cochlodinium spp.* Este ha provocado mortandad de peces debido a la sofocación por una secreción anormal de mucus y a la excesiva cobertura de dinoflagelados en la superficie de las agallas.
3. Los florecimientos algales pueden llegar a producir grandes pérdidas en la acuicultura marina, como lo es en el caso de Guatemala el cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, que debido a las grandes densidades de microorganismos dentro de las piscinas de cultivos produce bajas concentraciones de oxígeno disuelto.
4. En los muestreos realizados siempre se obtuvieron especies de dinoflagelados, lo cual manifiesta su permanencia en el área, aunque en cantidades insignificantes.
5. El número mínimo de organismos permisible para declara una marea roja es de 3,000 células por mililitro, el registro máximo que se detecto fue de 27,000 cel/ml del organismo *P. bahamense*, luego le sigue el organismo *Alexandrium sp.* con 10,800 cel/ml en mes de abril del 2007.
6. La teledetección aplicada al medio ambiente es una herramienta de trabajo con alto valor científico ya que le agrega una visión grafica de los resultado obtenidos *in situ*.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con los monitoreos del fitoplancton, con el fin de determinar la estacionalidad de la especie, así como la dinámica del medio marino y factores que pueden incidir en la proliferación de las mismas.
2. Es necesario tener medidas de emergencia para cuando se presentes los eventos de marea roja en el pacífico de Guatemala.
3. Educar a la población con respecto al tema para evitar intoxicaciones y pérdidas humanas.
4. Aclarar a la población que no todas las ocasiones los peses son vectores de toxinas y de esta manera evitar pérdidas económicas al sector pesquero.

BIBLIOGRAFIA

1. Cahahuí, E; Campos, M. 1998. Teoría de las pruebas de laboratorio en intoxicación paralítica por mariscos. Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos. Organización Panamericana de la Salud (OPSI)/LUCAN, Guatemala.
2. Carrillo, HL. 2007. Informe Guatemala. IOC Regional Science Plannig Work shop on Harmful Algal Blooms in IOCA RIBE-ANCA-IV. Colombia. 82 p.
3. Carrillo, L; R. Cortes-Altamirano, V. Leiva y V. Talbott. 2007. Presence of *Cochlodinium catenatum* in the Guatemalan coast (2004 & 2007). Harmful Algae News.
4. Cortes, R; y Carrillo, L. 2004. Violet bloom produced by a cyanobacterium in a Guatemalan lagoon. Harmful Algae News. No. 26. France.
5. Cortés-Altamirano, R. 1992. Doce años (1979-1990) de registros de mareas rojas en la bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Habana, Cuba.
6. Cortés-Altamirano, R. 1993. Envenenamiento paralítico por mariscos (PSP), causado por el dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en la costa Suroeste de México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Habana, Cuba.
7. García-Hansen. 2004. Spatial-Temporal dynamics of red tide precursor organisms at the Pacific coast of North and Central America. Rev. Biol. Trop. 52 (Suppl. 1): 99-107. Costa Rica.
8. Gonzáles C., S. Sakamoto, E. Furio, T. Ogata, M. Kodma, and Y. Fukuyo. 2002. Practical guide on paralytic shellfish poisoning monitoring en the Philippines. Filipinas. 168 p.
9. Lozano, F. Oceanografía Biología Marina y Pesca. 1978. Tomo II, Madrid, España. Tercera Edición. Editorial Paraninfo.
10. Matsuoka, K y Y. Fukuyo. 2000. Guía técnica para el estudio de quistes de dinoflagelados actuales. WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC. Japan.

11. Paz, KE. 1997. Identificación, abundancia y temporalidad estacional y espacial de *pyrrophitas* y su relación con las variables ambientales presentes en el Puerto Quetzal, San José, Escuintal. Guatemala 126 p.
12. Rodriguez, LG; Marroquín, JE; 2002. Identificación del fitoplancton presente en la dársena de Puerto Quetzal, en las estaciones de verano e invierno. Guatemala. 51 p.
13. Sierra-Beltrán, A.P.,D.B. Lluch-Cota, S.E. Lluch-Cota, R. Cortés-Altamirano, M. C. Cortes-Lara, M, Castillo-Chávez, L. Carrillo, L. Pacas, R. Viquez y I.
14. Solomon,EP; Berg, LR; Martin,DW; Villee,C. 1996. Biología de Villee. 3ra. Ed. Mexico, Mc Graw Hill. 1193 p.